फ़र्मी के प्रश्न
या
अनुमान लगाने की कला

फ़र्मी के प्रश्न
या
अनुमान लगाने की कला

विनय. बी. काम्बले

अनुवादक
प्रवीर अस्थाना

विज्ञान प्रसार

प्रकाशक

विज्ञान प्रसार

सी-24, कुतुब इंस्टीट्यूशनल एरिया
नई दिल्ली-110 016
पंजीकृत कार्यालय : टेक्नोलॉजी भवन, नई दिल्ली-110 016
फोन : 26967532
फैक्स : 26965986
इंटरनेट : http://www.vigyanprasar.com
ई-मेल : vigyan@hub.nic.in

फ़र्मी के प्रश्न या अनुमान लगाने की कला

कापीराइट © 2003 विज्ञान प्रसार
सर्वाधिकार सुरक्षित

लेखक : विनय बी. काम्बले
अनुवादक: प्रवीर अस्थाना
शब्द-संसाधन एवं पृष्ठ-संयोजन : सुभाष भट्ट
निर्माण समन्वय : सुमिता सेन

हिन्दी संस्करण, 2003

ISBN 81-7480-092-1 मूल्य . 10 रुपए

यह मूल पुस्तक अंग्रेजी में गुजरात विज्ञान अकादमी, अहमदाबाद द्वारा भारत सरकार के विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग की आर्थिक सहायता से 1990 में प्रकाशित की गई थी।

सर्वाधिकार सुरक्षित। प्रकाशक की लिखित अनुमति के बिना पुस्तक के किसी अंश का पुनः प्रकाशन अथवा फोटाकॉपी, रिकॉर्डिंग या किसी अन्य तरीके से पुन: प्रयोग नहीं किया जा सकता।

मुद्रक : नागरी प्रिंटर्स, नवीन शाहदरा, दिल्ली–110032

विषय–सूची

पृष्ठ

प्रस्तावना v

फ़र्मी के प्रश्न या अनुमान लगाने की कला 1

I फर्मी – उच्च कोटि के सिद्धांतविद् और प्रयोगकता 1

II फर्मी के प्रश्न 2

III ऐसा क्यो होता है कि हमारे अनुमान और सही उत्तर दोनो पास–पास ही होते है? 3

IV फर्मी के प्रश्न आम दिमागी पहेलियो से कैसे भिन्न है? 4

V फर्मी के प्रश्न एक आदत जो हमारे जीवन को समृद्ध बनाती है 4

VI फर्मी के प्रश्नो का एक सग्रह 5

फ़र्मी के प्रश्न 7

1. पृथ्वी की त्रिज्या 7
2. दुनिया में गजे व्यक्तियों की सख्या 8
3. एक भारतीय शहर में खाने के तेल की खपत 9
4. सूरज से निकलने वाली सौर शक्ति 10
5. वायुमण्डल में अणुओं की संख्या 11
6. एक भारतीय शहर में प्रतिदिन पानी की खपत 12
7. एक भारतीय शहर में प्रतिदिन पानी की बर्बादी 13
8. एक क्विंटल गेहूं के बोरे में दानों की संख्या 14

पृष्ठ

9. एनसाइक्लोपीडिया ब्रिटैनिका में शब्दों की संख्या 15

10. पृथ्वी के साथ घूमने वाले 1000 कि.ग्रा. के उपग्रह पर गुरुत्वीय बल 16

11. एक साल में कितने सेकंड 17

12. सूरज का जीवन–काल 18

13. पटाखा फटने पर निकलने वाली ऊर्जा 19

14. परमाणु के अन्दर एक एलेक्ट्रॉन की चाल 20

15. भारत में रोज़ छपने वाले अखबारों की प्रतियों की संख्या 21

16. अखबारी कागज बनाने के लिए रोज़ कटने वाले पेड़ों की संख्या 22

17. एक भारतीय शहर में प्रतिदिन बिजली की खपत 23

18. एक भारतीय शहर में बायोगैस से प्रतिदिन मिल सकने वाली ऊर्जा 24

19. एक नयी बॉल–प्वायंट रीफ़िल से खींची जा सकने वाली रेखा की लंबाई 25

20. हर चक्कर में कम होनी वाली स्कूटर/मोटर–साईकिल टायर की मोटाई 26

21. 25 बार मोड़े गये कागज के एक पन्ने की मोटाई 27

22. पृथ्वी की परिधि – एक और तरीके से 28

22 (क) दो अक्षांशों के बीच की दूरी 28

23. वायुमण्डल में अणुओं की संख्या – एक और तरीके से 29

24. एक ग्राम कस्तूरी में अणुओं की न्यूनतम संख्या 30

प्रस्तावना

हान क्रिश्चन वॉन बेयर ने एक लेख लिखा जिसका शीर्षक था ''इसे फ़र्मी ने कैसे सुलझाया होता (हाऊ फ़र्मी वुड हैव फिक्स्ड इट)'' और वह लेख 'द साइन्सेज़' के अक्टूबर, 1988 अंक में छपा। हालांकि मैं फ़र्मी के प्रश्नों से काफी समय से वाकिफ़ था, फिर भी उपर्युक्त लेख ने ही मुझे देश की शिक्षा पद्धति में उनकी प्रासंगिकता और उनके महत्व के विषय में सोचने पर बाध्य किया। हम अक्सर एकीकृत विज्ञान की बात करते हैं और यह दिखलाने की कोशिश करते हैं कि किसी वैज्ञानिक घटना में विज्ञान की अलग–अलग शाखाएं कैसे एक साथ भाग लेती हैं। सामाजिक और आर्थिक समस्याओं में भी अक्सर ऐसी ही परिस्थितियां उत्पन्न हो जाती हैं।

कई दफ़ा हमें मोटे तौर पर कुछ अनुमान लगाने, भविष्य के बारे में अनुमान लगाने, किसी नयी योजना के असर के बारे में जानने, आदि की ज़रूरत पड़ती है, और ऐसा हो सकता है कि हमारे पास इन्हें जान सकने के लिए पर्याप्त आकड़े भी न हों। इन परिस्थतियों मे फ़र्मी का तरीका एक महत्वपूर्ण भूमिका अदा कर सकता है। सामान्य ज्ञान और जो थोड़े–बहुत तथ्य और टूटे–फूटे आंकड़े हर किसी को याद होते हैं, उनकी सहायता से हम किसी प्रश्न के बारे में ऐसा अनुमान लगा सकते हैं जो उसके उत्तर के काफी समीप हो, बशर्ते कि हम उस, कठिन से, प्रश्न को ऐसे छोटे–छोटे प्रश्नों मे बांट दे जिन्हें हल किया जा सके। हां, कुछ बुनियादी आंकड़ों और तथ्यों से हमारा परिचित होना नि संदेह ज़रूरी है।

फ़र्मी के प्रश्न हमारे ज्ञान के क्षितिज को विस्तृत करते हैं और हममें समझने–सराहने की भावना भी विकसित करते हैं। इससे भी महत्वपूर्ण बात यह है कि इनकी बदौलत किसी खास प्रश्न, घटना या परिस्थिति में हम ज्ञान की विभिन्न शाखाओं के आपसी संबंध को समझ सकते हैं। अतः फ़र्मी के प्रश्नों को हल करना एक प्रशिक्षण भी है, और एक अनुभव भी, जो हमारे जीवन को समृद्ध बनाता है।

भौतिकी और हमारे सामाजिक–आर्थिक माहौल से संबद्ध कुछ प्रश्नों की सहायता से यहां फ़र्मी के तरीके को दर्शाने की कोशिश की गयी है। कुछ प्रश्न तो सिर्फ मज़े के लिए हैं।

बेयर के लेख का, जिसका ज़िक्र पहले किया जा चुका है, मैंने काफी उपयोग किया है। फ़र्मी के प्रश्न पश्चिमी देशों में प्रतियोगिता परीक्षाओं के नियमित अंग बन चुके हैं। फ़र्मी के प्रश्नों, और फ़र्मी के तरीके से, हमारे बच्चों के परिचित होने का, और बच्चे ही क्यों, विज्ञान को अपनी जीवन–चर्या बनाने के इच्छुक युवा वैज्ञानिकों के भी परिचित होने का, वक्त अब बिल्कुल आ गया है ताकि वे कठिन लगने वाली परिस्थितियों को सुलझा सकें।

यहा दिये गये बहुत से प्रश्नों पर विचार–विमर्श के लिए मैं डॉ. सी.जे संचोरावाला और प्रो. ए आर. राव को धन्यवाद देता हूं। अनेक शिक्षाप्रद चर्चाओं और हस्तलिपि में सुधार हेतु अनेक आलोचनात्मक सुझावों के लिए मैं प्रो. पी.आर. पिशारोटी, प्रोफ़ेसर एमेरिटस, भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद, और प्रो. पी.पी. काले, निदेशक, अन्तरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद का विशेष रूप से ऋणी हूं। प्रो. पिशारोटी ने तो इस पुस्तिका के लिए कुछ दिलचस्प प्रश्न भी दिये।

हस्तलिपि को टाइप करने के लिए श्रीमती चंद्रिका विश्वनाथन को और उसके संपादन के लिए श्री क्रिश्चन बर्ट एस.को भी मैं धन्यवाद देता हू।

इस पुस्तिका को और बेहतर बनाने के लिए किसी भी सुझाव का स्वागत है।

- विनय.बी. काम्बले

फ़र्मी के प्रश्न
या
अनुमान लगाने की कला

I. फ़र्मी – उच्च कोटि के सिद्धांतविद् और प्रयोगकर्ता

जुलाई, 1945 के एक सोमवार की सुबह, पांच बजकर उनतीस मिनट पर, दुनिया का पहला परमाणु–बम आलामोगोर्डो, न्यू मेक्सिको से साठ मील उत्तर–पश्चिम मे रेगिस्तान में फटा। इसके चालीस सेकड के उपरान्त, विस्फोट से उत्पन्न शॉक–तरंग बेस–कैम्प तक पहुंची जहां वैज्ञानिक, हतप्रभ से, इस ऐतिहासिक घटना के विषय मे विचारमग्न थे। उनमें सक्रिय होने वाले पहले व्यक्ति थे इटैलियन–अमेरिकन भौतिकविद् एनरिको फर्मी, जो वहां उस परियोजना की सफल समाप्ति को देखने के लिए उपस्थित थे जिसकी उन्होंने शुरुआत की थी।

बम–विस्फोट के पहले ही फर्मी ने कॉपी से निकाले कागज के एक पन्ने के छोटे–छोटे टुकड़े कर रखे थे। फिर जैसे ही उन्होने उस शांत हवा मे बाहर की तरफ फैलते शॉक तरग के कपन को महसूस किया, कागज के उन छोटे–छोटे टुकड़ो को उन्होने अपने सिर के ऊपर ले जाकर छोड़ दिया। कागज के वे टुकड़े. क्षितिज पर उठते कुकुरमुत्ते से बादलो (मशरूम क्लाउड) की विपरीत दिशा मे, पीछे ढाई गज दूर जमीन पर फड़फड़ाते हुए गिरे। कुछ क्षणो तक मन ही मन हिसाब लागने के बाद फर्मी ने घोषणा की कि बम–विस्फोट से निकली ऊर्जा दस हजार टन टी एन.टी से उत्पन्न ऊर्जा के बराबर थी। जटिल यत्रो द्वारा नापे गये शॉक तरग के वेग और दबाव के आकड़ो ने और हफ़्तों किये गये विश्लेषण ने फ़र्मी के, क्षण भर मे लगाये, अनुमान की पुष्टि की। ऐसी विलक्षण प्रतिभा थी एनरिको फर्मी की, जो 1938 में मूलभूत कणों की भौतिकी से संबद्ध अपने काम के लिए नोबेल पुरस्कार के विजेता हुए। चार साल बाद ही उन्होंने शिकागो में पहली नियंत्रित नाभिकीय प्रक्रिया (सस्टेड न्यूक्लियर रियैक्शन) हासिल कर दिखायी और, इस तरह, शुरू हुआ परमाणु–शस्त्रो और नाभिकीय ऊर्जा के व्यापारिक इस्तेमाल का युग। उनकी पीढ़ी का शायद ही कोई भौतिकविद्, और तब से लेकर आज तक शायद ही कोई, एक ही साथ एक दक्ष प्रयोगकर्ता और प्रमुख सिद्धांतविद् रहा हो।

कोई जवाब ढूंढ़ने में फ़र्मी बौद्धिक तौर पर परिष्कृत किसी विधि की बजाय सबसे सीधे–सरल रास्ते को ज्यादा पसंद करते थे। उदाहरणस्वरूप, मान लीजिये कि अनियमित आकार की एक वस्तु का आयतन निकाला जाना है, जैसे कि पृथ्वी का जो थोड़ी–थोड़ी नाशपाती के आकार की है। एक वैज्ञानिक या तो कोई फ़ार्मूला किताबों में ढूंढ़ेगा या फिर एक फ़ार्मूला निकालने की कोशिश करेगा। इसके बदले वह वो तरीका भी आज़मा सकता है जिसे फ़र्मी ने अपनाया होता और वह यह कि हम आयतन आंकिक विधि से निकाल लें। किसी फ़ार्मूले के भरोसे रहने की बजाय उन्होंने पृथ्वी को छोटे–छोटे हिस्सो में बांट दिया होता, जिनका आयतन आसानी से निकल सकता है और उन्हें फिर साथ जोड़ा जा सकता है। यह सही है कि इस विधि से निकाला गया उत्तर पूरी तरह सही नहीं होगा, लेकिन यह ऐसा तरीका है जिससे उत्तर प्राप्त होना निश्चित है। पूरी तरह से जवाब भले ही न मिले, पर इस विधि से काफी हद तक सही अनुमान लगाया जा सकता है।

फर्मी का तरीका वास्तव में किसी कठिन प्रश्न को छोटे–छोटे, और आसानी से हल किये जा सकने वाले, प्रश्नों में विभाजित कर देता है। यह सही है कि यह तुरत और मोटे तौर पर हिसाब लगाने का एक तरीका है। उन्होने अपने विद्यार्थियों को यह तरीका सिखाया और कुछ ऐसे प्रश्नो की रचना की जो उनके नाम से जाने जाते हैं।

II. फ़र्मी के प्रश्न

आइए, अब हम इस पर चर्चा करें कि फ़र्मी का प्रश्न कैसा होता है? उसे पहली बार सुनने पर पहले तो यही पता नहीं चलता कि उसका उत्तर क्या हो सकता है। ऐसा भी प्रतीत हो सकता है कि हल ढूढ़ने में आवश्यक तथ्य या आंकड़े भी उसमें नहीं दिये गये हैं। फिर भी, जब वह प्रश्न छोटे–छोटे, और हल ढूंढ़ने में सहायक, ऐसे प्रश्नों में विभाजित कर दिया जाता है जिनमे से प्रत्येक का हल बगैर किसी जानकार व्यक्ति की सलाह लिये या किताब देखे बगैर ही निकाला जा सकता हो, तो मन ही मन या कागज के एक पुर्जे पर उसके उत्तर का अनुमान लगाया जा सकता है, और, ध्यान देने योग्य बात यह है कि यह अनुमान करीब–करीब सही ही होता है।

इस विधि को समझाने के लिए, आइये, हम उस जाने–माने प्रश्न को ले जिसे फ़र्मी शिकागो विश्वविद्यालय में अपनी कक्षाओं में पेश किया करते थे। यह प्रश्न कुछ इस प्रकार है : शिकागो शहर में पिआनो का सुर ठीक करने वाले कारीगर कितने हैं? पहले तो यह काफी मनमौजी सा सवाल जान पड़ता

है और यह असंभव ही लगता है कि कोई इसका उत्तर जानता भी होगा। यह सही है कि इस प्रश्न का कोई जाना–माना उत्तर नहीं है, लेकिन कुछ ऐसी बातें मानी जा सकती हैं जिससे कि अंततः इस सवाल का हल निकल सके।

मान लीजिये कि शिकागो महानगरी की जनसंख्या तीस लाख है। एक परिवार में औसतन चार लोग होते हैं। एक लोकप्रिय वाद्य होने के नाते हम यह भी मान सकते हैं कि एक–तिहाई परिवारों के पास अपने पिआनो हैं। इस प्रकार हम यह पाते हैं कि शहर में दो लाख पचास हजार पिआनो हैं। अगर हर पिआनो का सुर दस वर्ष में एक बार मिलाना होता है तो प्रत्येक वर्ष पच्चीस हजार पिआनो के सुर मिलाये जाते हैं। अगर हर कारीगर, साल में दो सौ पचास दिन, चार पिआनो प्रतिदिन ठीक करता है ताकि वह एक साल में हजार पिआनो के सुर मिला सके तो शहर में करीब पचीस ऐसे कारीगर होने चाहिए। यह ठीक है कि यह उत्तर पूरी तरह सही नहीं है। यह संख्या दस के जितनी कम भी हो सकती थी या पचास के जितनी ज्यादा भी, पर जैसा कि फ़ोन डायरेक्ट्री के पीले पन्नों से पता चला, यह संख्या सही उत्तर के आसपास ही थी।

अतः, अगर यह मालूम भी न हो कि उत्तर का ऑर्डर ऑफ मैग्निच्यूड क्या है, यानी उसका मान तक़रीबन कितना है, तो भी हम भिन्न–भिन्न धारणाओ के आधार पर प्रश्न हल करने की दिशा में बढ़ सकते हैं और ऐसे कई अनुमान लगा सकते हैं जो सही उत्तर के पास हों!

III. ऐसा क्यों होता है कि हमारे अनुमान और सही उत्तर दोनों पास–पास ही होते हैं

हमारे अनुमान और सही उत्तर दोनों पास–पास इसलिये निकलते हैं क्योकि गणना के किसी भी क्रम में त्रुटियां एक–दूसरे को मिटाने की प्रवृत्ति रखती हैं। उदाहरण के लिए, पिआनो वाले प्रश्न में, अगर किसी ने यह मान लिया होता कि हर तीसरे की बजाय हर छठे परिवार के पास पिआनो है, तो उसके यह मानने की संभावना भी उतनी ही है कि पिआनो के सुर हर पांच वर्ष में मिलाये जाते हैं, न कि हर दस वर्ष में। किसी की गणना में सारी त्रुटियां हर चीज़ को कम मानने के कारण हों या हर चीज़ को बढ़ा–चढ़ा कर मानने के कारण, यह उतनी ही असभाव्य बात है कि जितनी कि यह कि सिक्का उछालने पर किसी को सिर्फ चित ही चित मिले या सिर्फ पट ही पट। संभाव्यता का नियम (लॉ ऑफ प्रौबेबिलिटी) बतलाता है कि मानी गयी बातों में हुई गलतियां एक दूसरे की कमी को पूरा करने की प्रवृत्ति रखेंगी, और यही कारण

है कि अंतिम परिणाम भी सही उत्तर की ओर प्रवृत्त होता है।

IV. फ़र्मी के प्रश्न आम दिमागी पहेलियों से कैसे भिन्न हैं?

शिकागो शहर में पिआनो के सुर मिलाने वाले कारीगरों की संख्या निकालने वाला प्रश्न, या फ़र्मी के अन्य ऐसे ही प्रश्न, लोकप्रिय पत्रिकाओं में छपने वाली दिमागी पहेलियों की तरह लग सकते हैं। दिमागी पहेली का एक ख़ास उदाहरण कुछ इस प्रकार है :

आपके पास तीन डब्बे हैं जिनमें क्रमशः आठ, पांच, और तीन लीटर दूध आते हैं। तो आप सिर्फ इन तीन डब्बों के ज़रिये आठ लीटर दूध को दो बराबर भागों में कैसे बांटेंगे?

एक दिमागी पहली, जैसे कि ऊपर वाली, प्रश्न ही में दिये गये आंकड़ों से तर्क के आधार पर अनुमान लगाकर सुलझायी जा सकती है। अतः इसकी तरह किसी भी दिमागी पहली में सारी ज़रूरी बातें दी हुई होती हैं।

इसके विपरीत फ़र्मी के प्रश्नों और आम दिमागी पहेलियों में एक खास अन्तर यह है कि फ़र्मी के किसी प्रश्न का हल सिर्फ़ तर्क के आधार पर अनुमान लगाकर नहीं ढूंढ़ा जा सकता और उसका उत्तर हमेशा मात्र एक अंदाज होता है। शिकागो में पिआनो के सुर मिलाने वाले कारीगरों की सही संख्या जानने के लिये आपको ऐसे कारीगरों की गिनती करनी होगी! सभी कारीगरों के नाम टेलीफोन डायरेक्ट्री के पीले पन्नों में शायद दिये भी न गये हों। और, यह भी संभव है कि हर कारीगर के पास अपना टेलीफ़ोन भी न हो।

एक और महत्वपूर्ण बात यह है कि फर्मी के किसी प्रश्न को हल करने के लिये ऐसे तथ्यों की जरूरत होती है जो प्रश्न में नही दिये गये होते है।

अब तक यह काफी स्पष्ट हो चुका होगा कि फ़र्मी के प्रश्न भौतिक जगत् से काफी करीबी से जुड़े हुऐ होते हैं जबकि गणित की पहेलियां ऐसी नहीं होतीं। और यही कारण है कि फ़र्मी के प्रश्न वैसे लोगों की, जो भौतिकविद् नहीं हैं, उन आम दुविधाओं की याद भी दिलाते हैं जिनसे जीवन में रोज़ उनका सामना होता है।

V. फ़र्मी के प्रश्न : एक आदत जो हमारे जीवन को समृद्ध बनाती है

फ़र्मी के वे प्रश्न, जिनसे भौतिकविदों का साबका पड़ता है, ज्यादातर अणु–परमाणुओं और अंतरिक्ष के विषय में होते हैं, न कि पिआनो और किसी शहर में टी.वी. सेटों की संख्या के बारे में। उनका हल ढूंढ़ने के लिए कुछ मौलिक मात्राओं/संख्याओं को याद रखना जरूरी है, जैसे कि एक परमाणु

की त्रिज्या या एक लीटर पानी में अणुओं की संख्या या फिर पृथ्वी की त्रिज्या। उदाहरण के लिए, इस प्रश्न पर विचार कीजिये : एक स्कूटर को कितनी दूर चलना होगा ताकि उसके टायर से एक अणु के जितनी मोटी परत घिस जाये? हिसाब लगाने पर पता चलता है कि प्रत्येक चक्कर में तकरीबन एक आण्विक व्यास के बराबर मोटाई घिस जाती है, यानी हर बार जब टायर घूमता है तो अणुओं की एक परत उसमें से कम हो जाती है (फ़र्मी का 20वां प्रश्न देखें)।

ऐसे भी प्रश्न हो सकते हैं जो सामाजिक और आर्थिक मुद्दों से संबंध रखते हों, जैसे ऊर्जा–नीति, किसी शहर में पानी की सप्लाई, पेड़ों का गिराया जाना, आदि। यह सही है कि फ़र्मी के इन प्रश्नों के उत्तर इतने सारे तथ्यों पर निर्भर करते है जिन्हें हमेशा याद रख पाना, एक आम आदमी तो क्या, एक सामान्य वैज्ञानिक के लिये भी कठिन होता है। हां, जिन्हें ऐसी बातें याद हैं, वे उत्तर ढूंढ़ने मे शायद कुछ मिनट ही लें।

जैसा कि पहले बतलाया जा चुका है, फ़र्मी के प्रश्नों के उत्तर हमें यह बतलाते हैं कि सही परिणामो के मान किस सीमा के अन्दर हो सकते हैं। अत., इस सुनहरे सिद्धात का पालन करना जरूरी है . किसी वृहत् गणना की शुरुआत तब तक न करे जब तक आपको यह पता न हो कि उत्तर के सभव मान किस सीमा के भीतर होंगे और, इतनी ही महत्वपूर्ण बात, यह भी कि उत्तर के मान किस सीमा के भीतर नही होंगे।

फर्मी के प्रश्न, एक दूसरे से विचार–विमर्श करने में, वैज्ञानिकों की मद्द करते हैं। जो फ़र्मी के प्रश्नो को सुलझाने के अभ्यस्त हैं, वे किसी प्रयोग या विषय पर ऐसे विचार करना शुरू करते हैं मानो वे उनके अपने हो, साथ ही मोटे तौर पर सरल तरीके से हिसाब लगाकर वे उनके बारे में अपनी सूझबूझ का परिचय भी देते हैं। हर व्यक्ति सही उत्तर को ऐसे ढूंढ़ने की कोशिश करता है जिसमे कम से कम मिहनत लगे। इस प्रकार फ़र्मी के प्रश्नों से, धीरे–धीरे, व्यक्ति मे खुद सोचने की भावना का संचार होता है।

VI. फ़र्मी के प्रश्नों का एक संग्रह

परमाणु–बम, पिआनो के सुर मिलाने वाले कारीगरों और मोटर–टायरों आदि से संबद्ध प्रश्नों में शायद ही कोई समानता है! यह पिछले अनुच्छेदों में हमने देखा है। पर, उनमें से हर एक को हल करने का तरीका एक ही है और उसका इस्तेमाल भौतिकी के क्षेत्र से बाहर के प्रश्नों के लिए भी किया जा सकता है। लोगो में, आम तौर पर, हम दो तरह की प्रतिक्रियाएं देखते हैं। जो हिम्मती नहीं हैं वे जाने–माने लोगों या जानी–मानी चीजों की तरफ

भागते हैं – किताबों, उच्च अधिकारियों, दक्ष सलाहकारों, चिकित्सकों, मंत्रियों आदि की तरफ। लेकिन जो स्वतंत्र रूप से सोचने की शक्ति रखते हैं वे अपने सामान्य ज्ञान और तथ्यों की थोड़ी–बहुत आम जानकारी का इस्तेमाल करते हैं, और, प्रश्न में बयान की गयी स्थिति के विषय में उचित धारणाएं बनाकर उनका उत्तर लगभग निकाल लेते हैं। जीवन में पेश आने वाले आम सवालों में से ज्यादातर, अक्सर, सिर्फ़ तर्क, सामान्य ज्ञान और धैर्य के सहारे ही सुलझाए जा सकते हैं।

फ़र्मी के प्रश्न और उन्हें हल करने के लिए किये गये प्रयास हमें एक बुनियादी प्रशिक्षण देते हैं ताकि हम कठिन लगने वाले प्रश्नों को भी हल कर सकें और उनके उत्तर का उचित अनुमान लगा सकें। उन्हें हल करने से हम सिर्फ़ सृजन का अपूर्व आनन्द और गर्व ही नहीं महसूस करते बल्कि उससे हमारा आत्मविश्वास भी बढ़ता है। आप इनके बने–बनाये उत्तर न ढूंढ़ें। अपनी बजाय किसी और को भी उत्तर न ढूंढ़ने दें। ऐसा करने से आप बौद्धिक तौर पर दीन–हीन महसूस करेंगे। किसी प्रश्न को फ़र्मी के प्रश्न की तरह सुलझाने की आदत जीवन को समृद्ध बनाती है।

इस पुस्तिका में जो थोड़े से प्रश्न दिये गये हैं, वे विज्ञान से, हमारे सामाजिक और आर्थिक माहौल से एवं कुछ दैनिक समस्याओं से संबद्ध कुछ चुनिंदे प्रश्न हैं, और वे मज़े के लिये हैं। उनके उत्तर कितने सही हैं यह जानने की कोशिश नहीं की गयी, लेकिन, कुछ जानकर दोस्तों का कहना है कि वे सही परिणामों से बहुत भिन्न नहीं हैं।

ये प्रश्न तीन सामान्य श्रेणियों में बंटे हुए हैं, जो इस प्रकार हैं : (1) भौतिकी से संबद्ध फ़र्मी के प्रश्न; (2) हमारे सामाजिक और आर्थिक माहौल से संबद्ध फ़र्मी के प्रश्न; और (3) सिर्फ़ मज़े के लिये फ़र्मी के प्रश्न। वस्तुतः सारे ही प्रश्न मज़े के लिये हैं। इन प्रश्नों के विस्तार में, पटाखे में पड़ी एक ग्राम बारूद से निकलने वाली ऊर्जा और देश में अख़बार छापने के लिये प्रतिदिन कटने वाले पेड़ों की संख्या से लेकर दुनिया में गंजे लोगो की संख्या तक के, सारे विषय शामिल हैं!

आशा है, यह पुस्तिका हमारे जीवन को समृद्ध बनाने वाली एक आदत को विकसित करने और व्यक्तिगत दुविधाओं को फ़र्मी के प्रश्नों की तरह सुलझा सकने की दिशा में प्रक्रियाओं की एक शृंखला शुरू कर सकेगी। एक सच्ची कोशिश के पहले आप इन प्रश्नों के बने–बनाये उत्तर या इन्हें हल करने के लिए संकेत न ढूंढ़ें। कहीं ऐसा न हो कि आप सृजन की क्रिया से मिलने वाली आनन्द और गर्व की भावना से वंचित रह जायें।

फ़र्मी के प्रश्न

प्रश्न 1 :

मान लीजिये कि आपको पृथ्वी की त्रिज्या याद नहीं! तो आप पृथ्वी की परिधि बगैर किताब देखे कैसे निकालेंगे?

हल ढूंढने के लिए कुछ संकेत :

भूगोल और पृथ्वी की अपनी धुरी पर घूमने के विषय में जो आप आमतौर पर जानते हैं, उसका इस्तेमाल करें। दो ऐसी जगहें चुनें जिनके बीच लम्बी दूरी हो पर वे तकरीबन एक ही अक्षाश (लैटीच्यूड) पर स्थित हों। अगर उन दो स्थानों का देशान्तर (लॉन्जीच्यूड) भी आपको मालूम हो तो क्या इन चीज़ों से आपको पृथ्वी की परिधि आकने में मदद मिल सकती है?

उत्तर :

आइये, एक ही अक्षाश पर स्थित दो जगहों पर हम विचार करें – जैसे अहमदाबाद और इम्फाल जिनके बीच की दूरी करीब 2,500 कि मी. है। हम जानते है कि अहमदाबाद में सूरज इम्फाल में सूर्योदय के डेढ़ घटे के बाद दिखाई देता है।

डेढ़ घटा यानी एक घंटा 30 मिनट का मतलब है एक दिन का (1/16)वा भाग। एक दिन मे पृथ्वी अपनी धुरी पर एक बार घूमती है। अत स्पष्ट है कि पृथ्वी की परिधि 2,500 कि.मी की सोलह–गुनी होगी, यानी 38,400 कि. मी ।इस तरह, अदाज से आका गया, यह उत्तर पृथ्वी की वास्तविक परिधि के काफी करीब है, दोनो मे चार प्रतिशत से भी कम का फर्क है।

पृथ्वी की परिधि आंकने का एक और तरीका पृष्ठ 28 पर दिया गया है।

प्रश्न 2 :

दुनिया में गंजे लोगों की संख्या कितनी है?

हल ढूंढ़ने के लिये कुछ संकेत :

वैसे लोगों की संख्या निकालें जिनके गंजे होने की संभावना हो सकती है। इस जनसंख्या में से फिर उस उम्र के लोगों की संख्या निकालें जो आमतौर पर गंजे होने लगते हैं।

उत्तर :

विश्व की जनसंख्या करीब 600 करोड़ है। यह माना जा सकता है कि इसमें आधी औरतें हैं और यह भी कि उनमें गंजे होने की प्रवृत्ति नहीं होती! इस प्रकार बचे हुए 300 करोड़ मर्द ही ऐसे हैं जिनके गंजे होने की सभावना हो सकती है। यह आमतौर पर देखा गया है कि गंजे लोगों की उम्र अमूमन 40 वर्ष से अधिक होती है। इन 300 करोड़ मर्दों को उनकी उम्र के मुताबिक 100-100 करोड़ के तीन वर्गों में विभाजित करना भी शायद अनुचित नही होगा, जो इस प्रकार है : 0-20 वर्ष, 20-40 वर्ष और 40-60 वर्ष (या अधिक)। और आख़िरी वर्ग ही ऐसा है जिसमें गंजे लोग हो सकते है। यह अनुमान की इस उम्र के लोगो मे 10 प्रतिशत लोग गजे होगे शायद अनुचित नहीं होगा। इस प्रकार विश्व की 600 करोड़ जनसंख्या मे गजे लोगों की सख्या 10 करोड़ निकलती है।

प्रश्न 3 :

तीस लाख जनसंख्या वाले भारत के एक शहर में, एक साल में, खाने के तेल की खपत कितनी होती है?

हल ढूंढ़ने के लिए कुछ संकेत :

इसका अनुमान लगायें कि आपके परिवार में, एक साल में, खाने का तेल कितना ख़र्च होता है। उस आधार पर सारी जनसंख्या की खपत का हिसाब लगायें।

उत्तर :

चार सदस्यों का एक परिवार, एक माह में, औसतन 5 कि.ग्रा. खाने का तेल खर्च करता है, यानी एक व्यक्ति एक वर्ष में 15 कि.ग्रा. की खपत करता है। यह सही है कि यह अनुमान शायद कुछ कम ही बैठे। अगर शहर की जनसख्या (जैसे कि अहमदाबाद) हम 30 लाख मान लें, तो एक वर्ष में साढ़े चार करोड़ कि ग्रा. की खपत होगी। इस प्रकार आप में से जिन्होंने खाने के तेल के पन्द्रह कि.ग्रा. के कनस्तर देखे हैं, वे समझ सकते है कि तीस लाख जनसंख्या वाले एक भारतीय शहर में, एक साल में, खाने के तेल के 15 कि. ग्रा के 30 लाख कनस्तर खर्च होते हैं।

प्रश्न 4 :

अगर कोई सूरज से निकलने वाली कुल सौर शक्ति, यानी निकलने वाली सारी ऊर्जा की दर, निकालना चाहे तो कैसे निकालेगा?

हल ढूंढने के लिए कुछ संकेत :

आपको पृथ्वी तक, वस्तुतः पृथ्वी के वायुमण्डल के ऊपर, पहुंचने वाली सौर ऊर्जा के फ़्लक्स (प्रति वर्ग मीटर पहुंचने वाली सौर शक्ति) की जानकारी की ज़रूरत होगी। सूरज से निकलने वाली कुल सौर शक्ति का हिसाब लगाने में आप किस सतह के क्षेत्रफल का इस्तेमाल करेंगे?

उत्तर :

पृथ्वी के वायुमंडल के ऊपर प्रति वर्ग मीटर पहुंचने वाली सौर शक्ति, यानी सौर ऊर्जा का फ़्लक्स 1.36 किलोवाट/वर्गमीटर है। पृथ्वी और सूरज के बीच की दूरी 15 करोड़ कि.मी. है, यानी 15×10^{10} मीटर। सूरज से निकलने वाली कुल सौर शक्ति निकालने के लिये हमें 15×10^{10} मीटर त्रिज्या वाले गोले की सतह का क्षेत्रफल निकालना होगा, जिसका फ़ार्मूला है $4\pi r^2$, यानी उस गोले की सतह का क्षेत्रफल होगा $4\times3.14\times(15\times10^{10})^2$ वर्गमीटर। यह तकरीबन $4\times3\times2.2\times10^{22}$ यानी 27×10^{22} वर्गमीटर होगा। इसे पृथ्वी पर पहुचने वाली सौर ऊर्जा के फ़्लक्स से गुणा करने पर हमें कुल सौर शक्ति $1.36\times27\times10^{22}$ यानी 3.5×10^{23} किलोवाट, यानी 3.5×10^{26} वाट मिलती है। कुल सौर शक्ति का एक ज्यादा सही मान 4×10^{26} वाट है।

प्रश्न 5 :

वायुमंडल में अणुओं की संख्या कितनी है?

हल ढूंढने के लिए कुछ संकेत :

वायुमंडल का आयतन कितना है, आप इसका अनुमान कैसे लगायेंगे? यह जानने के बाद आप प्रसिद्ध गैस के नियमों में से एक का उपयोग वायुमंडल में अणुओं की संख्या निकालने के लिये कर सकते हैं।

उत्तर :

आप वायुमडल की ऊंचाई 20 कि.मी. मान लें। यह भी मान लें कि पूरे वायुमंडल का घनत्व एक समान है। ऐसा मान लेने पर वायुमंडल का आयतन निम्नलिखित तरीके से निकाला जा सकता है।

पृथ्वी की सतह का क्षेत्रफल $4\pi (r_E)^2$ है, जहां $r_E=6\times10^6$ मी. पृथ्वी की त्रिज्या है। इस प्रकार क्षेत्रफल $4\times3\times(6\times10^6)^2$ या 3.6×10^{14} वर्ग मी का निकलता है। तो वायुमडल का आयतन $3.6\times10^{14}\times20\times10^3$ घनमीटर यानी 7×10^{18} घन मीटर होगा।

सामान्य तापमान और दाब पर एक मोल गैस का आयतन 22.4 लीटर यानी 22.4×10^{-3} घन मीटर होता है और एक मोल गैस में अणुओं की संख्या ऐवोगैड्रो नम्बर या 6×10^{23} के बराबर होती है। अत: एक घन मीटर गैस में अणुओ की सख्या $6\times10^{23}/22.4\times10^{-3}$ यानी लगभग 25×10^{24} होगी। इस प्रकार वायुमडल में अणुओ की सख्या $25\times10^{24}\times7\times10^{18}$ यानी लगभग 2×10^{44} निकलती है।

इस प्रश्न का एक और उत्तर पृष्ठ 29 पर दिया गया है।

प्रश्न 6 :

तीस लाख जनसंख्या वाली एक महानगरी में रहने वाले लोग एक दिन में कितना पानी ख़र्च करते हैं?

हल ढूंढने के लिए कुछ संकेत :

पहले यह अंदाज लगायें कि आपको कपड़े धोने, नहाने, सफ़ाई करने आदि जैसे तरह–तरह के काम में रोज़ कितने बाल्टी पानी की ज़रूरत होती है? इसके बाद सारी जनसंख्या की ज़रूरत का अनुमान लगायें।

उत्तर :

अगर हम कम मानकर भी चलें तो आपको नहाने के लिये दो बाल्टी (20 लीटर वाली), कपड़े धोने के लिए दो बाल्टी, बर्तन धोने के लिये एक बाल्टी और अन्य ऐसे–वैसे कार्यों के लिए एक और बाल्टी, यानी छः बाल्टी, या 120 लीटर पानी की ज़रूरत रोज़ होती है। चूंकि नगर की जनसंख्या तीस लाख है, अतः रोज़ इस्तेमाल होने वाले पानी की मात्रा लगभग 3,600 लाख लीटर या 36 करोड़ लीटर निकलती है।

प्रश्न 7 :

तीस लाख जनसंख्या वाले एक शहर के लोग रोज़ कितना पानी बर्बाद करते हैं?

हल ढूंढ़ने के लिए कुछ संकेत :

पहले यह अंदाज़ लगायें कि शहर में कितने परिवार हैं, कितनों के पास पानी सप्लाई के अपने अलग नल हैं, और हर नल में रोज़ कितना पानी दिया जाता है। इससे सारी जनसख्या को दिये जाने वाले पानी की मात्रा का हिसाब लगाया जा सकता है।

उत्तर :

यह मानते हुए कि एक परिवार में औसतन चार सदस्य होंगे, तीस लाख जनसंख्या वाले नगर में परिवारों की संख्या करीब 8,00,000 होगी। हम मान लेते है कि इनमे से आधे के पास ही पानी सप्लाई के अपने अलग नल हैं, यानी सारे शहर में करीब 4,00,000 नल हैं।

एक घटे मे अमूमन करीब 30-40 बाल्टी (ऐसी बाल्टी जिसमें 20 लीटर पानी समा सकता है) पानी भरा जा सकता है (यानी एक बाल्टी 2 मिनट में भरी जा सकती है)। चलिये, मान ले कि एक घटे मे 30 बाल्टी पानी भरा जा सकता है। अगर शहर के नलों मे दिन में सिर्फ चार घटे पानी आता है तो लोगों को दिये जाने वाले पानी की मात्रा लगभग $4\times10^5\times4\times30\times20$ यानी 96×10^7 या 1000×10^6 या 100 करोड़ लीटर प्रतिदिन होगी।

प्रश्न 6 मे हमने यह अनुमान लगाया था कि तीस लाख जनसंख्या वाले शहर मे रोज 36 करोड़ लीटर पानी की खपत होती है। अत यह स्पष्ट है कि रोज़ करीब 64 करोड़ लीटर पानी की बर्बादी होती है, यानी इस्तेमाल किये गये पानी से दूना बर्बाद होता है!

यह सही है कि यह अदाज़ यह मानकर लगाया गया है कि नल कभी भी बन्द नहीं किये जाते (ऐसा मानना वाकई नागरिकों का घोर अपमान है!)। पर, अगर यह भी मान लिया जाये कि नल एक घंटे के लिये बंद किये जाते हैं, तो भी लोगों को रोज़ करीब 75 करोड़ लीटर पानी दिया जाता है। इस प्रकार 39 करोड़ लीटर पानी फिर से रोज़ बर्बाद होता है, करीब उतना ही जितना कि इस्तेमाल किया जाता है।

प्रश्न 8 :

एक क्विंटल गेहूं के बोरे में कितने दाने होते हैं?

हल ढूंढ़ने के लिए कुछ संकेत :

पहले यह अनुमान लगायें कि एक ग्राम गेहूं में कितने दाने हो सकते हैं और फिर, उस आधार पर, इसका हिसाब लगायें कि एक क्विंटल में कितने दाने होंगे।

उत्तर :

गेहू के दानों का आकार, उनका बड़ा या छोटा होना, उसके किस्मो पर निर्भर करता है। चलिये, हम मान लेते हैं कि एक ग्राम गेहूं में उसके 10 दाने हैं। इस प्रकार एक किलोग्राम गेहूं में 10×1000 यानी 10^4 दाने होंगे। एक क्विंटल में 100 किलोग्राम होते हैं। अतः, एक क्विंटल गेहूं के बोरे में 100×10^4 यानी दस लाख दाने होंगे।

प्रश्न 9 :

एनसाइक्लोपीडिया ब्रिटैनिका में कितने शब्द हैं?

हल ढूंढने के लिए कुछ संकेत :

क्या आप यह जानते हैं कि एनसाइक्लोपीडिया ब्रिटैनिका के कितने भाग हैं और यह भी कि उसका एक भाग लगभग कितना बड़ा और कितना मोटा होता है?

उत्तर :

मान लीजिये कि इस ग्रंथ के एक भाग में 1000 पृष्ठ हैं और हर एक पृष्ठ पर करीब 1000 शब्द हैं। इस तरह इस ग्रंथ के एक भाग में 10^6 शब्द होंगे। एनसाईक्लोपीडिया ब्रिटैनिका के 32 भाग हैं। अतः उसमें शब्दों की संख्या 32×10^6 अर्थात् लगभग 3 करोड़ होगी।

प्रश्न 10 :

पृथ्वी के साथ–साथ घूमने वाला 1,000 कि.ग्रा. का एक उपग्रह (सैटेलाइट) कितना गुरुत्वीय बल (ग्रैविटेशनल फ़ोर्स) महसूस करता है?

हल ढूंढ़ने के लिए कुछ संकेत :

यह पता करें कि पृथ्वी के साथ घूमने वाला उपग्रह जिस ऊंचाई पर स्थित है, उस ऊंचाई पर गुरुत्वीय त्वरण (ऐक्सेलेरेशन ड्यू टू ग्रैविटी) कितना होगा?

उत्तर :

न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण के नियम के अनुसार,

$F=ma=mMG/r^2$

अत:, पृथ्वी की सतह पर, जहा $r=r_1$, गुरुत्वीय त्वरण $a=MG/r_E^2=g=10$ मीटर/वर्ग सेकंड निकलता है।

पृथ्वी की सतह से 36,000 कि मी की ऊचाई पर $r=7r_1$ होगा (क्योकि r_1 लगभग 6,000 कि.मी है)। अत:, $a=g/49$, यानी इस ऊचाई पर गुरुत्वीय त्वरण पृथ्वी की सतह पर के गुरुत्वीय त्वरण का 50वा भाग होगा।

अत:, पृथ्वी के साथ घूमने वाला 1,000 कि ग्रा का उपग्रह $1,000\times10/50=200N$ या महज 20 कि ग्रा भार का गुरुत्वीय बल महसूस करता है।

प्रश्न 11 :

एक साल में कितने सेकंड होते हैं?

हल ढूंढ़ने के लिए कुछ संकेत :

इस प्रश्न को हल करने के लिए क्या आपको वाकई किसी संकेत की जरूरत है?

उत्तर :

हमारे पास निम्नलिखित आंकड़े है ·

एक साल मे दिनो की सख्या	=365
एक दिन मे घटो की सख्या	= 24
एक घटे मे मिनटो की सख्या	= 60
एक मिनट मे सेकडो की सख्या	= 60
इस प्रकार, एक दिन मे सेकडों की सख्या	$=24\times60\times60$
	$=24\times3600$
	$=25\times4000$
	$=10^{5}$

एक साल मे दिनो की सख्या को हम तकरीबन 300 मान सकते है।
अत एक साल मे $10^{5}\times3\times10^{2}= 3\times10^{7}$ सेकड होते हैं।

प्रश्न 12 :

हमारा सूरज कितने समय तक चमकता रहेगा?

हल ढूंढ़ने के लिए कुछ संकेत :

सूरज में ऊर्जा कहां से आती है? द्रव्यमान और ऊर्जा के बीच आइन्सटाइन द्वारा स्थापित सबंध का इस्तेमाल करके सूरज से उत्पन्न होने वाली ऊर्जा का हिसाब लगायें।

उत्तर :

कुछ बुनियादी तथ्यों और आंकड़ों को जाने बगैर हम इस प्रश्न का हल आसानी से नहीं ढूंढ़ सकते।

हम जानते है कि हाइड्रोजन के हीलीयम में बदलने के कारण सूरज मे ऊर्जा उत्पन्न होती है। जुड़ने वाले घटको (चार प्रोटॉन और दो एलेक्ट्रॉन) का कुल द्रव्यमान, बनने वाले तत्व के द्रव्यमान से 1% ज्यादा होता है। जिन दूसरे आंकड़ों की हमें ज़रूरत पड़ेगी, वे है :

सूर्य का द्रव्यमान $= 2\times10^{30}$ कि ग्रा.

सूर्य से निकलने वाली ऊर्जा की दर $= 4\times10^{26}$ वाट्स

(इसी पुस्तिका में फर्मी का चौथा प्रश्न देखे)

प्रकाश का वेग $c=3\times10^{8}$ मी. प्रति सेकड

हमे यह भी याद रखना चाहिए कि सूरज मे हाइड्रोजन के इस प्रकार जलने की यह प्रक्रिया मात्र 10% हाइड्रोजन के जलने के बाद ही बन्द हो जायेगी। आइस्टाइन के द्रव्यमान-ऊर्जा सबध $E=mc^2$ के द्वारा हम अब निम्नलिखत तरीके से इसका हिसाब लगा सकते है कि सूरज के जीवन काल मे उससे कुल कितनी ऊर्जा निकलेगी।

$E=0.01\times0.1\times2\times10^{30}\times(3\times10^{8})^2$

$=1.8\times10^{44}$ जूल

4×10^{26} वाट्स (जूल प्रति सेकड) की दर से इतनी ऊर्जा करीब $1.8\times10^{44}/4\times10^{26}=4.5\times10^{17}$ सेकंड चलेगी।

चूकि एक वर्ष में करीब 3×10^{7} सेकड होते है (देखिये फर्मी का ग्यारहवा प्रश्न), हमारा सूरज अभी की दर से करीब 1.5×10^{10} या 1500 करोड़ वर्षो तक चमकता रहेगा।

इसे चमकते हुए 500 करोड़ वर्ष तो अभी ही हो चुके हैं।

प्रश्न 13:

एक पटाखे के फटने के ठीक पहले उस पर 0.250 कि.ग्रा. का एक डब्बा रख दिया गया। पटाखा फटने पर डब्बा 10 मी. की ऊंचाई तक गया। इन बातों से आप यह कैसे पता लगायेंगे कि हर एक ग्राम कार्बन से कितनी ऊर्जा निकली? बारूद में मिली चीजों में मुख्य रूप से कार्बन होता है। यह एक ऐसा प्रयोग है जो वास्तव में किया गया था।

हल ढूंढ़ने के लिए कुछ संकेत :

पटाखे में भरी बारूद में आमतौर पर कार्बन, गंधक और कुछ ज्वलनशील नाइट्रेट यौगिक या काम्पाउन्ड्स होते हैं। एक छोटे पटाखे में बारूद की मात्रा करीब 1 ग्राम या उससे भी कम होती है।

डब्बे पर किये गए कार्य का हिसाब लगायें। आपके विचार से बारूद के जलने से प्राप्त हुई ऊर्जा में से कितनी ऊर्जा डब्बे को ऊपर फेंकने में लगी होगी?

उत्तर :

डब्बे पर किया गया कार्य $mgh=0.25\times10\times10=25$ जूल के बराबर होगा।

अगर हम यह मान लें कि पटाखा ओर डब्बा एक ताप इंजन की तरह काम करते है, तो इस ताप इजन की दक्षता 1 या 2% प्रतिशत से ज्यादा नही हो सकती। वस्तुत· यह एक अच्छा अनुमान है क्योंकि भाप इंजन की दक्षता भी 10-15% से ज्यादा शायद ही कभी होती है। अत: हम यह मान सकते है कि पटाखा फटने पर निकली हुई कुल ऊर्जा $25\times100=2500$ जूल होगी। एक ग्राम बारूद में कार्बन की मात्रा सिर्फ 0.2 या 0.3 ग्राम होती है और ज्यादातर ऊर्जा इसी से निकलती है। मान लीजिए कि बारूद में कार्बन की मात्रा 0.3 ग्राम है। अत. एक ग्राम कार्बन से $2500/0.3=8.33$ किलोजूल यानी करीब 10 किलो जूल ऊर्जा निकलती है।

इससे हम यह भी जान सकते है कि एक ग्राम मोल कार्बन से कितनी ऊर्जा निकलती है। ऊपर किये गये हिसाब से यह निष्कर्ष निकलता है कि एक ग्राम मोल कार्बन से $10\times12=120$ किलो जूल ऊर्जा निकलेगी जबकि सही मान 393 किलो जूल प्रति ग्राम मोल है। फिर भी हमारा उत्तर, जो सही मान का करीब एक तिहाई है, तमाम प्रायोगिक त्रुटियों के बावजूद एक काफी अच्छा अनुमान है।

प्रश्न 14 :

किसी परमाणु के अन्दर एक एलेक्ट्रॉन किस चाल से घूमता है?

हल ढूंढ़ने के लिये कुछ संकेत :

पहले यह सोचें कि एलेक्ट्रॉन के ऊपर कौन सा बल लग रहा है? आप हाइड्रोजन के परमाणु पर ग़ौर कर सकते हैं। कुछ भौतिक–नियतांकों को भी ध्यान में लायें।

उत्तर :

अगर हम हाइड्रोजन के एक परमाणु पर ग़ौर करें तो

$$m_e v^2/r=(1/4\pi\ \varepsilon_0)\times e^2/r^2$$

जहां m_e, v, r, π, ε_0 और e अपने प्रचलित अर्थ में इस्तेमाल किये गये हैं। इस समीकरण में प्रयुक्त नियतांकों के मान को याद करें, या फिर उन्हें नियतांकों की किसी सूची में ढूंढ़ निकालें।

$4\pi\cong 10$

$m_e=9.11\times10^{-13}$ कि.ग्रा. $= 10^{-30}$ कि.ग्रा.

$e=1.6\times10^{-19}$ कूलम्ब $=10^{-19}$ कूलम्ब

$\varepsilon_0=8.85\times10^{-12}$ कूलम्ब^2/न्यूटन मी^{2} $=10^{-11}$ कूलम्ब^2/न्यूटन मी^{2}

r का मान हम एक बोह्र त्रिज्या (Bohr radius) के बराबर ले सकते हैं यानी $r=a_0=5.29\times10^{-11}$ मी.।

इस प्रकार,

$v^2=(1/m_e)\times(1/4\pi\varepsilon_0)\times e^2/r$

$=(1/10^{-30})\times\{1/(10\times10^{-11})\}\times(10^{-19})^2/(5\times10^{-11})$

$=(1/5)\times(10^{-38}/10^{-51})$

$=0.2\times10^{13}$

$=2\times10^{12}$मी^{2}/से^{2}

अत:, v≅1.5×10^6मी/से, जो प्रकाश की चाल का करीब 10% है। अत: एक परमाणु के अन्दर एलेक्ट्रॉन की चाल वाकई नौन–रेलेटिविस्टिक (non-relativistic) होती है।

प्रश्न 15 :

अख़बारों की कुल कितनी प्रतियां भारत में हर रोज़ छपती हैं?

हल ढूंढ़ने के लिए कुछ संकेत :

हमारे देश की साक्षरता कितनी है?

उत्तर :

हमारे देश की जनसख्या करीब 80 करोड़* है और साक्षरता करीब 40%. यानी तकरीबन 10 करोड़ लोग हमारे देश मे पढ़–लिख सकते है। आमतौर पर एक अखबार पूरे परिवार के लिए खरीदा जाता है। अगर हम यह मान ले कि एक परिवार मे औसतन चार व्यक्ति होते है तो सारे देश मे करीब 7.5 करोड़ साक्षर परिवार होगे। हम आमतौर पर यह पाते है कि इनमे बहुत सारे परिवार, वस्तुत 60-70% मध्यम वर्ग के है। ऐसे 2-3 परिवारो में से एक मे अखबार खरीदा जाता है और बाकी सार्वजनिक पुस्तकालयों आदि मे आने वाले अखबार से काम चलाते है। अत यह मानना विश्वसनीय होगा कि प्रति दिन, 7 5 करोड़ की 30%. यानी अखबारो की 2 करोड़ प्रतियां बिकती है। इस प्रकार हमारे देश मे हर 15 साक्षर व्यक्तियो, या हर 40 व्यक्तियो के लिये औसतन एक अखबार खरीदा जाता है।

* यह प्रश्न 1989 वर्ष मे उपलब्ध सूचना के अनुसार है । अब हमारे देश की जनसख्या 100 करोड़ से भी अधिक तथा साक्षरता लगभग 65 प्रतिशत है ।

प्रश्न 16 :

हमारे देश में अख़बारों को छापने के लिये रोज़ कितने पेड़ों को काटना पड़ता है?

हल ढूंढ़ने के लिए कुछ संकेत :

आपको यह जानने की ज़रूरत होगी कि हमारे देश में अख़बारों की कुल कितनी प्रतियां रोज़ छपती हैं (इसके लिये प्रश्न 15 देखें)। उसके बाद इसका अनुमान लगायें कि एक अखबार कितना भारी होता है ओर यह भी कि एक भरे–पूरे पेड़ का वजन कितना होता है?

उत्तर :

फ़र्मी के 15वें प्रश्न में हम यह अनुमान लगा चुके हैं कि हमारे देश में अख़बारों की कुल 2 करोड़ प्रतियां रोज़ छपती हैं। एक आम अख़बार, जैसे कि टाइम्स ऑफ इंडिया, इंडियन एक्सप्रेस या स्टेट्समैन, का वजन करीब 100 ग्राम यानी 0.1 कि.ग्रा. होता है। अतः 2 करोड़ प्रतियों को छापने के लिये करीब 20 लाख कि.ग्रा., यानी 2000 मेट्रिक टन, अखबारी कागज़ की ज़रूरत रोज़ पड़ेगी।

एक भरा–पूरा पेड़ औसतन 5 मी. ऊंचा होता है और उसकी त्रिज्या करीब 0.3 मी. होती है। अतः उसका आयतन होगा

$\pi r^2 h \cong 3\times(0.3)^2\times 5 \cong 3\times 0.1\times 5 \cong 1.5$ मी^{3}

अगर हम यह मान लें कि लकड़ी का विशिष्ट घनत्व 0.5 है, तो उसका घनत्व 0.5×10^3 कि.ग्रा./मी^{3} होगा (आपको याद होगा कि पानी का घनत्व 10^3 कि.ग्रा./मी^{3} होता है)। अतः 1.5 मी^{3} आयतन वाले पेड़ का वजन $1.5\times0.5\times10^3=1\times10^3$ कि.ग्रा. यानी लगभग 1 मैट्रिक टन होगा।

चूंकि 1 मेट्रिक टन लकड़ी से लगभग 0.2 मेट्रिक टन अख़बारी कागज़ ही निकल पाता है और चूंकि रोज 2000 मेट्रिक टन अख़बारी कागज़ की जरूरत पड़ती है, अतः रोज़ करीब 2000/0.2=10000 मेट्रिक टन लकड़ी की ज़रूरत पड़ती है। चूंकि एक पेड़ का वजन 1 मेट्रिक टन होता है, अतः रोज़ अख़बारों की 2 करोड़ प्रतियों को छापने के लिये 10000 भरे–पूरे पेड़ों को काटने की ज़रूरत पड़ती है।

प्रश्न 17 :

30 लाख जनसंख्या वाले एक भारतीय शहर में रोज़ घरेलू कामों में बिजली की कितनी खपत होती है?

हल ढूंढ़ने के लिए कुछ संकेत :

पहले यह याद कीजिए कि बिजली से चलने वाले किन–किन उपकरणों का आप इस्तेमाल करते हैं और वे कितने वाट के हैं? और फिर आप उन्हें कितनी देर तक चलाते है? फिर यह सोचिए कि बिजली–सप्लाई के लिये शहर में आपकी तरह कितनी लाइने हैं?

उत्तर :

हम मान लेते हैं कि एक परिवार मे चार सदस्य हैं। तो, 30 लाख जनसख्या होने के कारण, इसका अर्थ यह हुआ कि शहर में करीब 8 लाख परिवार है। अब यह मान लीजिए कि हर परिवार 3 कमरों के मकान में रहता है और रोज 300 वाट के उपकरणो (जैसे कि 40 वाट के 2/3 बल्ब या ट्यूब लाइट, 100 वाट का एक पखा या कूलर ओर रेफ्रिजरेटर) का 10 घंटे इस्तेमाल करता है।

अत ऐसे एक परिवार की रोज़ की खपत 0.3×10 यानी 3 किलोवाट–घंटा यानी 3 यूनिट होगी। अत परिवारो की सख्या 8 लाख होने के कारण करीब रोज 24 लाख यूनिट (किलोवाट–घटा) बिजली की खपत होती है।

प्रश्न 18 :

30 लाख जनसंख्या वाले एक भारतीय शहर में मनुष्यों द्वारा त्याग किये गये जैविक तथा अन्य कचरों से बायोगैस के जरिए रोज़ कितनी ऊर्जा मिल सकती है?

हल ढूंढ़ने के लिए कुछ संकेत :

अपने परिवार का उदाहरण लेकर आप यह अनुमान लगायें कि, प्रति व्यक्ति, कितना कचरा रोज़ निकलता है। फिर ऊर्जा की किसी भी जानी–मानी किताब से यह ढूंढ़ निकालें कि 1 मी^{3} बायोगैस के बनने में कितने जैविक–कचरे की जरूरत होती है?

उत्तर :

यह मान लें कि एक व्यक्ति एक दिन में करीब 1 कि ग्रा जैविक–कचरे का त्याग करता है। इसमें शरीर से त्याग किये गये मल, सब्जी के कचरे आदि शामिल हैं। चूंकि जनसंख्या 30 लाख है, अत मनुष्यो द्वारा त्याग किया गया कचरा ही रोज़ करीब 30 लाख कि ग्रा होगा। हम यह जानते है कि 30 कि ग्रा. जैविक कचरे से 1 मी^{3} बायोगैस या मीथेन उत्पन्न होती है। अत. मनुष्यो द्वारा निष्काषित 30 लाख कि.ग्रा. कचरा 1 लाख मी^{3} मीथेन उत्पन्न कर सकता है। 1 मी^{3} बायोगैस से 3-4 सदस्यो वाले एक परिवार का, एक दिन का, ईंधन का ख़र्च चल सकता है।

अतः मनुष्यों द्वारा त्याग किये जैविक तथा अन्य कचरो से निकली बायोगैस से 30 लाख की जनसंख्या (8 लाख परिवारो) में से 4 लाख लोगो (1 लाख परिवारों) के ईंधन का ख़र्च रोज पूरा हो सकता है।

प्रश्न 19 :

एक नयी बॉल–प्वायंट रीफ़िल से कितनी लम्बी रेखा खींची जा सकती है?

हल ढूंढ़ने के लिए कुछ संकेत :

सामान्य रूप से लिखते समय आप यह जानने की कोशिश करें कि हर अक्षर की लंबाई कितनी है? और यह भी कि आप कितने समय तक लिख सकते हैं और आपके लिखने की औसत रफ़्तार कितनी है?

उत्तर :

सामान्य रूप से लिखते समय हर अक्षर की लंबाई तकरीबन 1 सें.मी. की मानी जा सकती है। इसके अलावा यह भी मान लें कि आप एक दिन मे 10 फूलस्कैप पन्ने लिख सकते हैं और यह भी कि एक पन्ने पर 30 पंक्तियां लिखी होती हैं और हर पंक्ति में 5 अक्षरों वाले 5 शब्द होते हैं। अत. एक पन्ने को लिखने में आप 7.5 मी लंबी एक रेखा खींचते हैं। इस प्रकार प्रतिदिन आप 75 मी. लंबी रेखा खींचते हैं। इस दर से (जो कि मेरी लिखने की रफ़्तार है), एक जॉटर–रीफ़िल 3 महीने यानी 100 दिन चलती है। अतः, एक जॉटर–रीफ़िल से आप 7500 मी यानी 7.5 कि मी लबी रेखा खीच सकते हैं।

प्रश्न : 20 :

प्रत्येक चक्कर में मोटर साइकिल/स्कूटर के टायर की कितनी मोटाई कम हो जाती है?

हल ढूंढने के लिए कुछ संकेत :

स्कूटर के एक टायर की माप और मोटाई कितनी होती है? यह कितने किलोमीटर चल सकता है?

उत्तर :

यह मान लीजिए कि स्कूटर के एक टायर का व्यास करीब 30 सें.मी है। अतः उसका घेरा यानी परिधि करीब 1 मी. होगी। हम यह भी मान लें कि एक घिसा हुआ टायर 50,000 कि.मी. चल चुका होता है और उसकी खांचें, मोटाई में, 5 मिलीमीटर कम हो चुकी होती हैं।

इन आंकड़ों से हम यह पाते हैं कि अपने जीवन–काल के दौरान एक किलोमीटर चलने पर एक टायर की मोटाई $5\times10^{-3}/50000=10^{-7}$ मी/कि मी. कम हो जाती है। चूंकि टायर की परिधि 1 मी. है अत. 1 कि.मी में यह 1000 बार घूमता है। अतः प्रत्येक चक्कर में स्कूटर टायर की मोटाई $10^{-7}/10^{3}=10^{-10}$ मी कम हो जाती है।

अगर हम परमाणुओं के विषय में कुछ बुनियादी आंकड़ों को याद करे तो हम पायेंगे कि प्रत्येक चक्कर में कम होने वाली टायर की मोटाई तकरीबन आण्विक व्यास के बराबर होती है (हाइड्रोजन की बोह्र त्रिज्या a_0 का मान 0.53×10^{-10} मी. है)। इस प्रकार जब आपके स्कूटर/मोटर साइकिल का टायर एक बार घूमता है तो उसकी एक आण्विक सतह कम हो जाती है।

प्रश्न 21 :

मान लीजिए, हमारे पास कागज़ का एक बहुत बड़ा पन्ना है जिसकी मोटाई 0.1 मिलीमीटर है। और उस पन्ने को हम 25 बार मोड़ते हैं; तो उस मुड़े हुए कागज़ के पुलिंदे की मोटाई क्या होगी?

हल ढूंढ़ने के लिए कुछ संकेत :

कागज़ को एक बार मोड़ने पर उसकी मोटाई क्या होगी?

उत्तर :

कागज़ की मोटाई 0.1 मिलीमीटर यानी 10^{-4} मी. है। हर बार उसे मोड़ने पर उसकी मोटाई दूनी हो जाती है। यानी, एक बार मोड़ने पर उसकी मोटाई 2×10^{-4} मी. होगी, दूसरी बार उसे मोड़ने पर उसकी मोटाई $(2)^2\times10^{-4}$ मी होगी, और इसी प्रकार उसकी मोटाई हर बार बढ़ती जायेगी। ज़ाहिर है कि उसे अगर 25 बार मोड़ा जाए तो उसकी मोटाई $(2)^{25}\times10^{-4}$ मी. हो जायेगी।

हिसाब लगाने पर हम पाते हैं कि $2^{10}\cong10^3$ और $2^5=30$। अत· 25 बार मोड़ने पर कागज़ की मोटाई $30\times10^6\times10^{-4}=3000$ मी या लगभग 3 कि.मी होगी!

आम तौर पर आप कागज के एक पन्ने को कितनी बार मोड़ सकते है? कोशिश करके देखिए!

प्रश्न 22*:

पृथ्वी की परिधि का अनुमान लगाना – एक और तरीका।

हल ढूंढने के लिए कुछ संकेत :

क्या आप जानते हैं कि 'मीटर' की परिभाषा क्या थी?

उत्तर :

नेपोलियन के समय फ्रेंच अकादमी ने मीटर की जो परिभाषा दी थी उसके मुताबिक वह पृथ्वी के चतुर्थांश का 10^{-7} गुना है। अतः, पृथ्वी की परिधि 4×10^{7} मी. होगी। यानी 40,000 कि.मी.।

प्रश्न 22 क :

पृथ्वी की सतह पर कितनी दूरी के बाद अक्षांश या लैटिच्यूड मे 1^{0} का फ़र्क आता है?

उत्तर :

एक चतुर्थांश परिधि अर्थात् 90^{0}, अतः
$10^{7}/90=111$ कि.मी. प्रति डिग्री अक्षांश (लैटिच्यूड)

**प्रो. पी.आर पिशारोटी, भौतिक अनुसधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद का दिया हुआ।*

प्रश्न 23* :

वायुमंडल में अणुओं की संख्या निकालने का एक और तरीका।

हल ढूंढ़ने के लिए कुछ संकेत :

हवा के दबाव से क्या आप वायुमंडल के द्रव्यमान का अनुमान लगा सकते हैं? क्या आप हवा का ग्राम अणु भार (ग्राम मौलेक्यूलर वेट) जानते हैं?

उत्तर :

1 ग्राम मोल हवा (यानी 28 ग्राम हवा) में 6×10^{23} अणु होते हैं।

वायुमंडल का दबाव 1 कि.ग्रा. भार प्रति वर्ग सें.मी. होता है (पारे की 76 से.मी. ऊंचाई X पारे का घनत्व 13.6 ग्रा./घन सें. मी.)।

अत:, वायुमंडल का द्रव्यमान, वर्ग सें.मी. में

क्षेत्रफल × 1000 ग्राम, के बराबर होगा।

और, वायुमंडल में अणुओं की संख्या

$$= \frac{\text{क्षेत्रफल} \times 1000}{28} \times 6 \times 10^{23}$$

पृथ्वी की सतह का क्षेत्रफल हम इस प्रकार निकाल सकते है :

$$\text{क्षेत्रफल} = 4\pi r^2 = \frac{(2\pi r^2)}{\pi} \cong \frac{(4\times10^7 \times 10^2)^2}{\pi}$$

$$= \frac{16}{\pi} \times 10^{18} \cong 4 \times 10^{18} \text{ सें.मी.}^2$$

(ध्यान दें कि $2\pi r$, पृथ्वी की परिधि है और जिसका मान 4×10^7 मी. है। इस संबध में प्रश्न 22 देखें)।

अत:, अणुओं की संख्या

$$= \frac{4 \times 10^{18} \times 10^{3}}{28} \times 6 \times 10^{23}$$

$$= 10^{24}$$

**प्रो. पी आर पिशारोटी, भौतिक अनुसधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद का दिया हुआ।*

प्रश्न 24* :

इसका अनुमान लगायें कि एक ग्राम कस्तूरी में कम–से–कम कितने अणु हो सकते हैं।

हल ढूंढने के लिए कुछ संकेत :

शांत हवा में कस्तूरी की खुशबू का पता 500 मीटर की दूरी से लग जाता है। एक ग्राम कस्तूरी एक महीने में उड़ जाती है।

यह मान कर चलें कि मनुष्य की नाक के छेद का क्षेत्रफल 1 वर्ग सें. मी है और कम–से–कम एक अणु का प्रति सेकंड नाक में जाना सुगंध के एहसास के लिये ज़रूरी है।

उत्तर :

यह निष्कर्ष आप तुरंत निकाल सकते हैं कि $[1/(24\times60\times60\times30)]$ ग्राम कस्तूरी एक सेकंड में उड़ जाती है।

अगर एक ग्राम कस्तूरी में अणुओं की संख्या N है, तो $N/(86400\times30)$ मे $4\pi(500\times100)^2$ से भाग देने पर कम–से–कम 1 अणु बचना चाहिए। यानी,

$$\frac{N}{86400\times30}\times\frac{1}{4\pi(500\times100)^2}=1$$

अतः, $N \cong 10^5\times10^2\times\pi\times25\times10^8$

$= \pi\times25\times10^{15}$

$\cong 10^{17}$

(एक अंग्रेज़ वैज्ञानिक ने यह अनुमान ऐवोगैड्रो नम्बर के निकलने के पहले ही लगाया था)

**प्रो पी आर. पिशारोटी, भौतिक अनुसधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद का दिया हुआ।*

कुछ और फ़र्मी के प्रश्न! आपके लिए!

1. पृथ्वी का द्रव्यमान क्या है?
2. आपके शहर में कितने टी.वी. सेट हैं? अनुमान लगायें।
3. आपके शहर में दो पहियों वाली कितनी गाड़ियां हैं? अनुमान लगायें।
4. सूरज का द्रव्यमान निकालें।
5. 50 कि.मी.× 20 कि.मी. लंबाई–चौड़ाई वाली एक झील के पानी को भाप बनने से रोकने के लिए उसकी सतह पर कुछ तेल बिखेर दिया जाता है। इससे झील की सतह पर तेल की एक परत बिछ जाती है जिसकी मोटाई करीब एक अणु के व्यास के बराबर होती है। इस काम के लिये कितने तेल की ज़रूरत पड़ेगी?
6. 200 मी.× 100 मी. लम्बाई–चौड़ाई वाले एक लॉन में घास की पत्तियों की संख्या निकालें।
7. हवा में अणुओं की चाल निकालें।
8. एक स्थिर खड़ी रेलगाड़ी को खिसकाने मे कितनी बिजली, यानी, विद्युत–शक्ति, की जरूरत पड़ती है?
9. पृथ्वी के ऊपर 1000 कि.मी. की ऊंचाई पर घूमने वाला एक उपग्रह कितनी देर में एक पूरा चक्कर काटता है, यानी उसका आवर्त्तकाल क्या है?
10. एक उच्च फ्रीक्वेंसी की, यानी उच्च आवृत्ति वाली, रेडियो तरंग आयोनोस्फ़ियर और ज़मीन के बीच बार–बार परावर्तित होकर पृथ्वी की एक परिक्रमा पूरी करती है। इसमें वह कितना समय लेती है?
11. आपके घर पर अखबार वाला महीने भर का पैसा लेने आता है। आपके पास उतने पैसे नहीं हैं, पर तभी आप पाते हैं कि एक जार, यानी मर्तबान (बोर्नविटा या हॉरलिक्स की बड़ी शीशी की तरह), में 50 पैसे के सिक्के पड़े हैं। क्या आप जल्दी से यह अनुमान लगा सकते हैं कि अखबार वाले का भुगतान किया जा सकता है या नहीं?
12. क्या आप कभी मुंबई गये हैं? अगर हां, तो बताइए कि एक दिन में

वहां लोकल गाड़ियां कितने खेप करती हैं? इसका भी अनुमान लगायें कि रेलवे के पास मुंबई में कितनी लोकल गाड़ियां हैं?

13. पृथ्वी से प्लूटो तक जाने में एक अंतरिक्ष–यान को कितना समय लगेगा?
14. अपने जीवन–काल में एक आदमी कितना खाना खाता है?
15. सुना जाता है कि सम्राट अकबर के प्रसिद्ध प्रश्नों में से एक के उत्तर में, जिसमें उन्होंने बीरबल से राज्य में कौओं की संख्या जाननी चाही थी, बीरबल ने तुरंत एक काफी बड़ी संख्या, जैसे कि 1 करोड़, बतलायी थी। मान लीजिए कि यही सवाल आपसे पूछा जाता है, तो आप कौन सी संख्या बतलायेंगे? आप अपने राज्य के बारे में ही सोच सकते हैं।
16. आपके सिर पर कितने बाल हैं? उनकी संख्या निकालें। (अगर आपके सिर पर केश नहीं, तो आप अपने दोस्त के सिर पर आज़मा सकते हैं!)
17. पृथ्वी के साथ घूमने वाले एक उपग्रह में कितना बड़ा सोलर–पैनेल लगेगा ताकि वह 1 किलोवाट पावर यानी विद्युत–शक्ति उत्पन्न कर सके?
18. हमारे देश से हर रोज़ कितने लोग विदेश जाते हैं?
19. भारत की जनसंख्या में हर वर्ष होने वाली औसत प्रतिशत वृद्धि निकालें।
20. एक ताप बिजली घर में, जो 200 मेगावाट बिजली (विद्युत–शक्ति) का उत्पादन करता है, रोज कितने कोयले की खपत होती है?
21. अपने देश में हम हर वर्ष कितने लोगों को स्नातक, यानी विश्वविद्यालय की पहली उपाधि, तक की शिक्षा दे पाते हैं?
22. सामान्य आकार की एक रील में लपेटे हुए धागे की लंबाई निकालें।
23. एक लड़ाई के दौरान, एक पड़ोसी देश से, कोई 1 करोड़ शरणार्थी हमारे देश में आ गये। उनको फिर से बसाने के लिए कितनी जमीन की आवश्यकता होगी?
24. आपके मकान की बैठक में जो हवा मौजूद है, उसका वजन कितना है?
25. हमारे देश में निरक्षर औरतों की संख्या कितनी है?